

## КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В КРЫМУ

Лисецкий Ф.Н.<sup>1</sup>, Ергина Е.И.<sup>2</sup>

*1 – Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия,  
e-mail: liset@bsu.edu.ru*

*2 – Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,  
e-mail: YacivLena @rambler. ru*

На основании анализа метеорологических данных инструментального периода наблюдений проведена оценка влияния климата на почвообразовательный процесс. Определены показатели динамики величины межвековых изменений в региональной системе климата в голоцене, которые могут привести к миграции почвенно-географических подзон в степной части Крыма и значительным колебаниям в скорости формирования гумусового горизонта почв.

**Ключевые слова:** затраты энергии на почвообразование, климатические ритмы, скорости формирования гумусового горизонта.

Исходя из концепции полигенетичности и гетерохронности почв [7], в современных почвах сочетаются признаки и свойства, образованные как наблюдаемыми в настоящее время факторами почвообразования, так и действовавшими в прошлом и теперь исчезнувшими или изменившимися. Большинство почв Крымского полуострова являются полигенетичными, и формировались в условиях различных по амплитуде и направленности климатических изменений, что затрудняет возможности моделирования саморазвития и эволюции почв в условиях меняющегося климата. В ряде случаев наблюдается несоответствие современной почвообразующей среды и наследованного субстрата или почвы, что можно определить при морфологическом исследовании почвенных разрезов. Признаки унаследованного древнего почвообразования в почвах могут быть интерпретированы как результаты современного почвообразовательного процесса, что приводит к ошибкам при определении почвообразующего потенциала территории, особенно при исследовании почв, погребенных под насыпными конструкциями, такими, например, как курганы. В результате может быть искажена достоверность актуалистического отражения существующих условий среды (климата, биоты) в дневных (экспонированных на поверхность) почвах и некорректной становится процедура проведения сравнительно-географического анализа, так как сравниваются разновозрастные и разногенетические образования. Кроме того, некоторые признаки-реликты могут быть приняты в качестве индикаторов современной биоклиматической обстановки и далее использоваться как стереотипы в палеогеографических реконструкциях.

Важность и **актуальность** исследования почвообразовательного потенциала климата, заключается в том, что эта проблема тесно связана с оценкой

антропогенных изменений природы, в частности трансформации современных почв. Особое значение диагностика процессов эволюции и развития почв имеет при выборе стратегий землепользования, ведь если некоторые свойства современных почв могут быть восстановлены в современной природной среде, а некоторые процессы можно даже стимулировать в их самовосстановлении (биологическая рекультивация отвалов, стимулирование увеличения мощности гумусового горизонта, увеличение содержания гумуса и др.), то абсолютно иной подход должен быть применен к унаследованным, либо реликтовым признакам и свойствам. В результате не рационального использования таких почв измененный или унаследованный признак может навсегда исчезнуть из современной природной обстановки без возможности восстановления. Важность этой проблемы очевидна, однако эмпирических данных по этому направлению очень мало, отсутствуют такие исследования и для территории Крымского полуострова. А ведь на территории Крыма сосредоточены не свойственные современному сочетанию факторов почвообразования типы почв в Горном и Предгорном Крыму, коричневые почвы юго-западного Крыма. Подтверждением этому служат новообразованные почвы, исследованные на территории раскопок Херсонеса на развалах дома XIII века. В почвах 700 летнего возраста отсутствуют признаки, характерные для коричневых почв. С целью сохранения таких уникальных почв необходим мониторинг территорий, на которых они расположены, учет нетронутых участков для возможного придания им охранного статуса.

При установлении связей в системе «почва-климат» важно учитывать нелинейность влияния показателей тепла и влаги на эффективность почвообразовательного процесса. Часто именно этой причиной можно объяснить невысокую результативность почвенно-климатических корреляций при использовании некоторых комплексных показателей, не говоря уже о более простых характеристиках тепло- и влаго- обеспеченности почвенно-географических зон. На наш взгляд, хорошими перспективами обладает дальнейшее развитие биоэнергетического подхода, предложенного В.Р. Волобуевым. Им [1] разработан способ оценки эффективности почвообразовательного процесса с помощью функции  $Q$  – годовой величины затрат радиационной энергии на почвообразование. После модернизации авторской записи [1], дополненной множителем перевода в систему СИ, формула вычисления величин  $Q$  в МДж/(м<sup>2</sup> год) имеет следующий вид

$$Q = 41,868 \left[ R \cdot e^{-18,8 \frac{R^{0,73}}{P}} \right], \quad (1)$$

где  $R$  – радиационный баланс, ккал/(см<sup>2</sup> год),  $P$  – годовая сумма осадков, мм.

Исходя из предложенного биоэнергетического подхода, **целью** нашей работы стала оценка климатического потенциала территории Крымского полуострова с позиций влияния климата на почвообразовательный процесс.

Известно, что глубина проявления почвообразовательного процесса во многом предопределена особенностями внутригодовой смены гидротермических условий –

периода летнего иссушения почвы холодным периодом зимне-весеннего, а в некоторых районах, в частности в горной части Крыма, и осеннего промачивания. Так, предложенная недавно [6] дифференциация почв Украины по мощности профиля, т.е. на уровне вида, установлена по связи между длительностью морозного периода и усвоением почвами атмосферных осадков. По данным таблицы 1, к районам, где наиболее полно может участвовать влага в процессе почвообразования, в виде эффективных осадков, относится предгорная лесостепь и западная часть южного бережного субсредиземноморья (до 82-88% от годовой суммы осадков). Эффективные осадки соответствуют годовой сумме осадков за исключением той суммы, которая выпадает в среднемноголетнем режиме в жаркий период (со среднесуточной температурой 20 и больше градусов).

Более определенно пространственные закономерности дифференциации условий почвообразования можно установить по распределению величин энергетических затрат на почвообразование на территории Крымского полуострова (рис. 1).

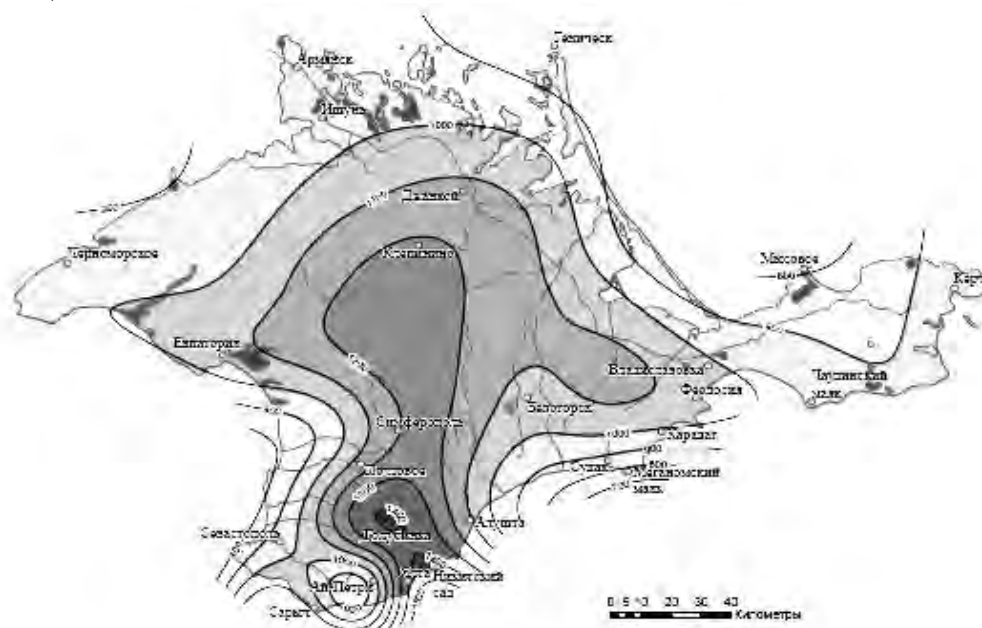


Рис. 1. Распределение величин энергетических затрат на почвообразование ( $Q$ , МДж/(м<sup>2</sup> год)) на территории Крымского полуострова.

Автоматизированный подсчет площадей между смежными изолиниями в пределах установленных восьми градаций позволил рассчитать средневзвешенное значение величины энергетических затрат на почвообразование для Крымского полуострова. Оно составило 1056 МДж/(м<sup>2</sup> год) при размахе величин от 800 до 1500.

Нет оснований полагать, что климат в позднем голоцене был менее изменчивый в межгодовом режиме по сравнению с инструментальным периодом.

Таблица 1.

Характеристика климатических районов Крыма (по многолетним наблюдениям) [5] с дополнением авторов

Метеостанция	Ср. год. тем-ра, °С	Осадки, мм	КУ	Эфф. осадки, мм	Q, МДж/ (м <sup>2</sup> год)	Почвы
Северо-западный: очень засушливый, умеренно жаркий с умеренно мягкой зимой						
Армянск	10.0	341	0.38	263	976	Лугово-каштановые, солонцеватые, солонцы
Западный степной причерноморский: очень засушливый, умеренно жаркий с мягкой зимой						
Черноморское	10.5	316	0.42	247	952	Черноземы южные мицелярно-карбонатные, дерново-карбонатные
Евпатория	11.0	358	0.46	283	1062	-карбонатные
Равнинно-степной: засушливый, умеренно жаркий с умеренно мягкой зимой						
Клепинино	10.0	466	0.55	338	1213	Темно-каштановые солонцеватые; черноземы южные мицелярно-карбонатные
Джанкой	10.6	491	0.38	-	1127	
Керченский: очень засушливый, умеренно жаркий с мягкой зимой						
Керчь	10.6	412	0.55	301	943	Черноземы южные мицелярно-карбонатные
Западный предгорный: очень засушливый, умеренно жаркий с очень мягкой зимой						
Севастополь	12.0	395	0.42	292	953	Коричневые в комплексе с дерново - карбонатными
Юго-западный предгорный: полужасушливый, теплый с очень мягкой зимой						
Почтовое	10.3	554	0.51	209	1151	Черноземы карбонатные и дерново-карбонатные
Восточный предгорный: полужасушливый, теплый с мягкой зимой						
Симферополь	10.1	576	0.60	420	1195	Черноземы карбонатные и дерново-карбонатные
Яйлинский: влажный, умеренно прохладный с умеренно холодной зимой						
Ай-Петри	5.7	1052	1.91	1052	961	Бурые горно-лесные, горно-луговые
Южный склон Главной гряды Крымских гор: влажный, умеренно теплый с мягкой зимой						
Оценочные [5]	-	960	1.80	-	1430	Бурые насыщенные, бурые выщелоченные
Южнобережный: субтропический средиземноморский: засушливый, жаркий с умеренно теплой зимой						
Ялта	13.0	635	0.62	558	1380	Коричневые горные шебневатые
Алушта	12.3	427	0.46	349	1112	Коричневые горные шебневатые
Юго-восточный: очень засушливый, жаркий с очень мягкой зимой						
Судак	11.9	318	0.33	238	865	Коричневые горные шебневатые

Об амплитуде палеоэтапов позднего голоцена, по-видимому, можно судить по особенностям хроноорганизации климатической системы за период вековой длительности, что могут обеспечить ряды метеопараметров инструментального периода наблюдений. При этом следует учитывать, что опубликованные метеорологические данные, как правило, охватывают период усреднения со второй половины XIX в. по 90-е гг. XX в. Таким образом, фоновые характеристики условий тепло- и влагообеспеченности и, следовательно, рассчитанные по ним значения  $Q$ , строго говоря, отражают условия за период инструментальных наблюдений. Однако внутренняя целостность финальной части голоцена – субатлантического времени – позволяет распространить усредненные климатические данные инструментального периода на последние 2800 лет.

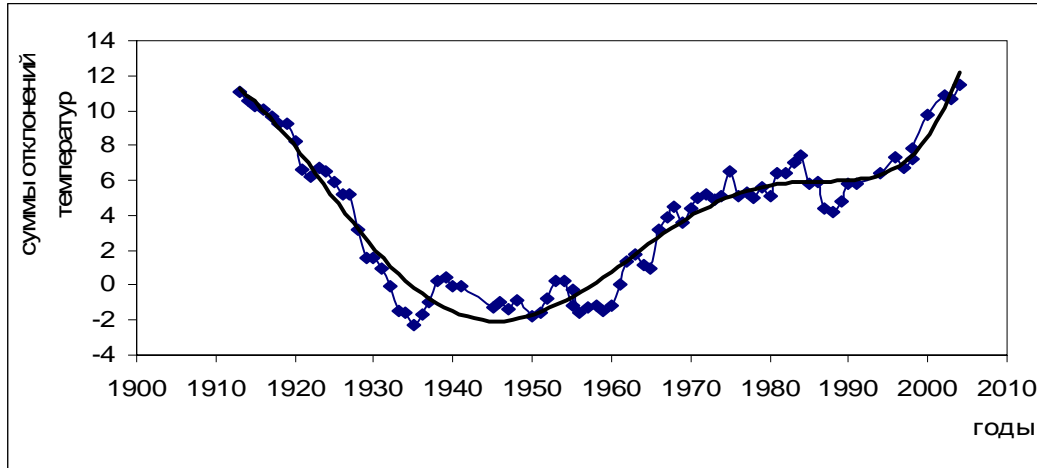
По результатам наблюдений на метеостанции Феодосия (данные сайта NASA: <http://data.giss.nasa.gov>) среднегодовые температуры на протяжении 85 лет (с 1912 г.) изменялись в пределах от 9,76 до 14,06 °С. Обработка временного ряда среднегодовых температур показала, что для него характерна незначительная степень варьирования: значение коэффициента вариации составляет 14,2 %. Иные особенности характерны для межгодовой изменчивости количества осадков в длинных рядах наблюдений. Так, использованные для примера данные по метеостанции Симферополь (длина ряда с 1955 г. составляет 54 года) показали, что по коэффициенту вариации, равному 22,7 %, степень варьирования среднегодовых сумм осадков значительная при диапазоне их значений от 352 до 831 мм. Существенное воздействие на почвообразование, а особенно, на формирование гумусового горизонта степных почв способны оказать отдельные годы с экстремальными условиями промачивания почвенно-грунтовой толщи. Как показало обобщение многолетних данных метеорологических станций, расположенных в степной и горной части Крымского полуострова, максимальное количество осадков холодного периода года превышает среднее значение в 3 раза, а минимальное – в 7 раз [3]. Однако надо полагать, что экстремальные климатические события отдельных лет не могут оставить свидетельств, способных отразиться в памяти почв по прошествии сотен лет. Устойчивые периоды внутривековых циклов изменения условий тепло- и влагообеспеченности, выраженные с помощью интегральных кривых отклонений от среднегодовых значений, показаны на рис. 2. Закономерности, выявленные таким способом, могут определить ритмику продолжительно реализуемых режимов функционирования почвенной системы.

Среднегодовая температура воздуха при высокочастотных колебаниях довольно определенно снижалась с начала века до середины 40-х гг. XX в., причем на протяжении периода с 1898 по 1965 гг. формировался относительный внутривековой минимум, когда средняя температура была ниже, чем в предшествующее и последующее время, на 0,2°С. Среднегодовое количество осадков, выпадавшее, начиная с 50-х гг. XX в. и до середины 80-х гг. XX в., в целом способствовало формированию засушливых условий, для которых можно выделить внутривековой минимум в период с 1961 по 1990 гг., когда среднегодовое количество осадков было меньше, чем в предшествующее и последующее время, на 22 мм. В период с 1990 по

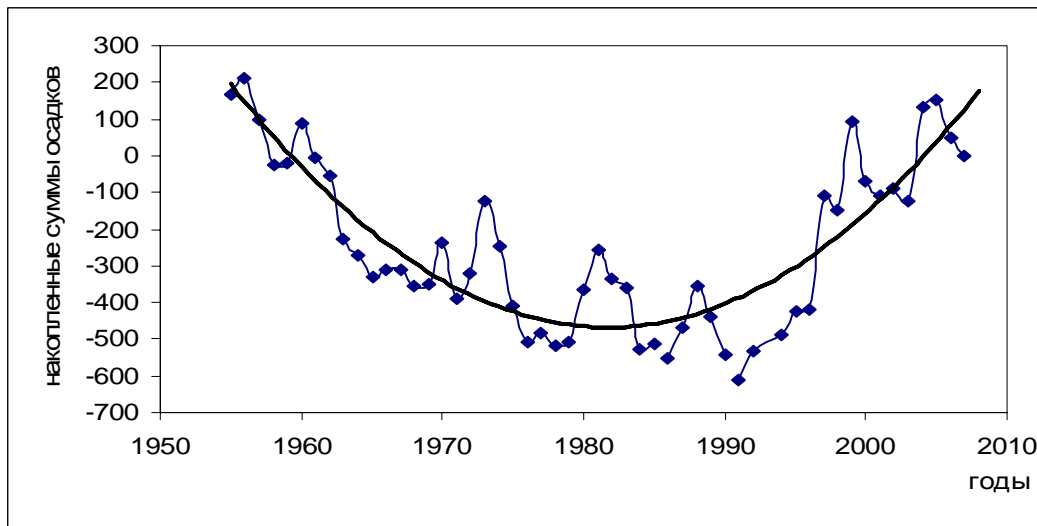
## КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В КРЫМУ

2008 годы наоборот наблюдается увеличение количества осадков на 24,5 мм в сравнении со среднемноголетними значениями.

Анализ доказывает, что со второй половины 60-х гг. XX в. климат стал меняться в сторону потепления и большего увлажнения.



А



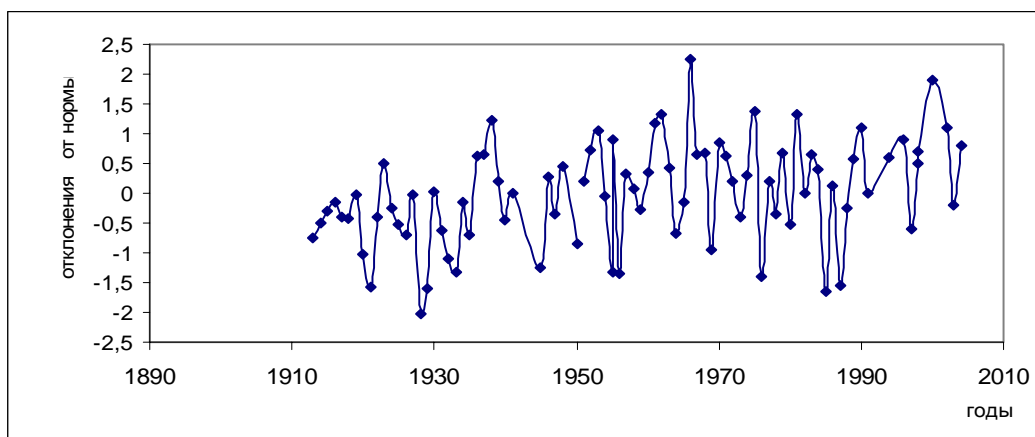
Б

Рис. 2. Интегральные суммы отклонений от нормы среднегодовых температур воздуха (по данным метеостанции Феодосия) (А) и интегральные суммы отклонений от нормы годовых сумм атмосферных осадков (по данным метеостанции Симферополь) (Б).

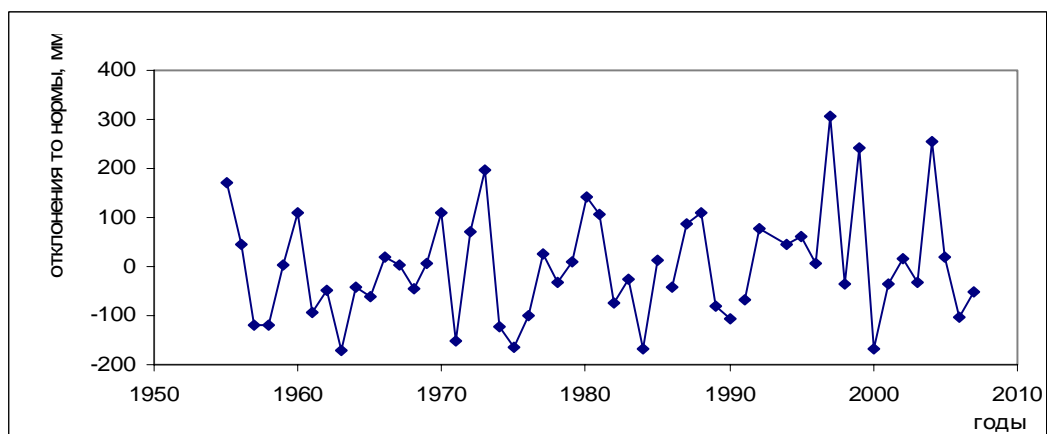
Разность в количестве энергии на почвообразование в периоды иссушения и увлажнения достигает 39,4 МДж/(м<sup>2</sup> год), что составляет 2,5 % от нормы, характеризующей весь этот период голоценовой истории развития крымских почв,

что позволяет утверждать, что показатели динамики, представленные на рис. 2, не могут привести к эволюционным изменениям.

Возникает вопрос, каковы должны быть величины климатических параметров, способные придать почвам изменения эволюционной размерности? Ответ можно получить, используя расчетный метод оценки потенциальных возможностей региональной климатической системы. По данным рис. 3 амплитуда внутривековых колебаний среднегодовых температур достигает 2°C, а сумм осадков до 18%. Это эквивалентно отклонению потенциала энергетических затрат на почвообразование от нормы до 180 МДж/(м<sup>2</sup> год).



А



Б

Рис 3. Отклонения от среднемноголетней нормы: А – температуры воздуха в Феодосии; Б – годовых осадков в Симферополе.

При устойчивых изменениях климата такого порядка в пределах равнинной территории Крымского полуострова была потенциальная возможность пульсирующей миграции почвенно-географических подзон в размерности

межвековых колебаний на 43-52 км. Правомерность этой гипотезы усиливает подход, основанный на эргодичности, как пространственно-временного компенсационного явления, допускающего возможность проводить замены оценок во времени оценками в пространстве и наоборот. Поэтому для условий Крымского полуострова, где ширина распространения ареалов черноземов южных находится в пределах 20 км, черноземов предгорий – 30-35 км, темно-каштановых почв – 40 км, возможность трансформирующей эволюции почв на протяжении всего голоцена может быть признана достаточно обоснованно. Ранее уже высказывалось мнение о том, что в Крыму за последние 5 – 4,5 тыс. лет на месте зоны современных темно-каштановых почв располагались каштановые и светло-каштановые [2].

Для оценки изменения потенциальной скорости формирования гумусового горизонта почв (Н) под влиянием установленных межвековых колебаний климата использована зависимость предельной мощности  $N_{lim}$  от энергетических затрат на почвообразование, полученная по максимально возможному диапазону варьирования обеих переменных на территории Восточно-Европейской равнины (N=215).

$$\dot{N} = \dot{N}_{lim} * (1 - e^{-\lambda T}) \quad (2)$$

Зависимость предельной мощности гумусового горизонта почв ( $N_{lim}$ , мм) от годовой величины затрат радиационной энергии на почвообразование (рис. 1) можно аналитически выразить через уравнение вида [4]:

$$N_{lim} = 10.85 \cdot g \cdot e^{0.0044Q} \quad (3)$$

где Q – энергетические затраты на почвообразование (МДж/(м<sup>2</sup> год));

g – функция, отражающая влияние гранулометрического состава почвообразующих пород через содержание физической глины (для среднесуглинистых почв g равно 1).

Тогда общая зависимость, отражающая влияние климата и возраста почвы определенного гранулометрического состава, может быть выражена, используя (2 и 3) следующим образом

$$N_t = 10.85 \cdot g \cdot e^{0.0044Q} \cdot (1 - k \cdot e^{-\lambda t}) \quad (4)$$

Для почв степной части Крыма потенциальные скорости формирования гумусового горизонта на средне- и тяжелосуглинистых почвообразующих породах под влиянием установленных межвековых ритмов региональной климатической системы ( $\pm 180$  МДж/(м<sup>2</sup> год)) в голоцене могли колебаться от 5,1 до 24,6 мм / 100 лет, т.е. снижаться в неблагоприятные климатические эпохи до 2,35 раз и увеличиваться в периоды более благоприятного климата до 2 раз по сравнению с условиями позднего голоцена.

Территориальное распределение величин энергетических затрат на почвообразование позволило определить обусловленность закономерностей географии почв на Крымском полуострове климатическими условиями инструментального периода. Вероятный размах межвековых колебаний региональной климатической системы определял возможность пульсирующей



миграции почвенно-географических подзон на 43-52 км. Потенциальные скорости формирования гумусового горизонта почв Крыма под влиянием межвековых ритмов могли значительно изменяться.

#### Список литературы

1. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования / Волобуев В.Р. М.: Наука, 1974. – 126 с.
2. Золотун В.П. Развитие почв юга Украины за последние 50-45 вв.. Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. / Золотун В.П. – Киев, 1976. – 45с.
3. Кочкин М.А. Почвы, леса и климат Горного Крыма и пути их рационального использования / Кочкин М.А. // Никит. бот. сад. Научн. труды. Т. 38. М.: Колос, 1967. – 260 с.
4. Лисецкий Ф.Н. Модель трендовой составляющей голоценового почвообразования / Лисецкий Ф.Н. // Доклады АН Украины. Математика, естествознание, технические науки. 1994. – №11. – С. 149-152.
5. Подгородецкий П.Д. Крым: Природа / Подгородецкий П.Д. Справ. изд. Симферополь: Таврия. 1988. – 192 с.
6. Полупан М. І. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України / Полупан М.І., Соловей В.Б., Кисіль В.І., Величко В.А. – Київ: Колообіг, 2005. – 304 с.
7. Соколов И.А. Почвоведение и время: поликлиматность и полигенетичность почв / Соколов И.А // Почвоведение.- 1984. – № 2. – С.102-108

**Лисецкий Ф.Н., Ергина О.І. Кліматична обумовленість ґрунтоутворювального процесу в Криму/ Ф.Н. Лисенський, О.І. Єргіна // Учені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: географія – 2010. – Т.23 (62). – № 1. – С.52-60.**

На підставі аналізу метеорологічних даних інструментального періоду спостережень проведена оцінка впливу клімату на ґрунтоутворювальний процес. Визначено показники динаміки величини міжвікових змін у регіональній системі клімату в голоцені, які можуть призвести до міграції ґрунтово-географічних підзон у степовій частині Криму і значних коливань в швидкості формування гумусового горизонту ґрунту

**Ключові слова:** витрати енергії на ґрунтоутворення, кліматичні ритми, швидкості формування гумусового горизонту.

**F.N. Lisetskii, E.I. Ergina Climate-driven soil-forming processes in CRIMEA/ F.N. Lisetskii, E.I. Ergina // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Geography – 2010. – Vol. 23 (62). – № 1. – P.52-60.**

Opportunities for assessing the impact of climate on soil formation process of the meteorological data of tool period were established. The likely magnitude of between-century shifts in regional climate system for Holocene determine the possibility of pulsing the migration of soil-geographical subzones in the steppe part of Crimea and significant in-formation velocity fluctuations humus horizon of soil in comparison with the terms of the late Holocene.

**Key words:** energy expenditure on soil formation, climate rhythms, speeds the formation of the humus horizon.

*Поступила в редакцію 24.12.2009 з.*